

29. 6. 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 6 月 2 5 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 8 1 8 4 6
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 1 8 1 8 4 6]

REC'D 22 JUL 2004

WIPO

PCT

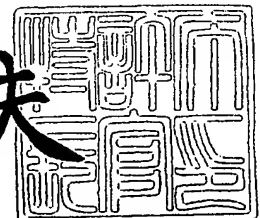
出 願 人 東京エレクトロン株式会社
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 4 月 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 JPP032169

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 C23C 16/44

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター東
 京エレクトロン株式会社内

 【氏名】 小松 智仁

【特許出願人】

 【識別番号】 000219967

 【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

 【代表者】 東 哲郎

【代理人】

 【識別番号】 100090125

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 浅井 章弘

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 049906

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9105400

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 トラップ装置、処理システム及び不純物除去方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被処理体に対して所定の処理を施す処理装置内を真空排気するための真空ポンプを有する真空排気系に介設されて、前記真空排気系内を流れる排気ガス中に含まれるガス状の不純物を除去するためのトラップ装置において、

前記真空排気系の排気通路に介設された不純物捕集容器と、

断熱膨張により超音速状態となった作動流体を吹き込んで前記排気ガスと混合させると共に前記不純物捕集容器内で前記不純物の臨界点以下に前記排気ガスの温度を低下させるノズル手段と、

を備えたことを特徴とするトラップ装置。

【請求項 2】 前記ノズル手段は、前記不純物捕集容器に対して複数回並列に設けられることを特徴とする請求項 1 記載のトラップ装置。

【請求項 3】 前記ノズル手段は、その流路面積が作動流体の流れ方向に沿って次第に絞り込まれて喉部を通過した後に次第に拡大するようになされたノズル本体を有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載のトラップ装置。

【請求項 4】 前記ノズル本体は断面が略円形に成形された作動流体噴射口を有しており、前記作動流体噴射口の周囲を囲むようにして前記排気ガスを前記不純物捕集容器側に向けて導入するためのリング状の排気ガス導入口が形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のトラップ装置。

【請求項 5】 前記ノズル本体は断面が略リング状に成形された作動流体噴射口を有しており、その中心部には前記排気ガスを前記不純物捕集容器側に向けて導入するための略円形の排気ガス導入口が形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のトラップ装置。

【請求項 6】 前記排気ガス導入口へ向かう排気ガスを一時的に滞留させるための前段滞留室が設けられることを特徴とする請求項 4 または 5 記載のトラップ装置。

【請求項 7】 前記ノズル手段の先端部側には、前記作動流体噴射口より噴射さ

れた超音速の作動流体と前記排気ガス導入口より取り込んだ排気ガスとを混合させる混合管と、その流路面積を順次拡大させてポンプ機能を持たせた拡散管とを順次連結させていることを特徴とする請求項 4 乃至 6 のいずれかに記載のトラップ装置。

【請求項 8】 前記混合管と前記拡散管とには、前記不純物が凝縮、凝固して付着することを防止するための付着防止用加熱手段が設けられることを特徴とする請求項 7 記載のトラップ装置。

【請求項 9】 前記混合ガス中における前記ガス状の不純物が凝縮、凝固する時に核となる物質を導入するための核導入手段が設けられることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載のトラップ装置。

【請求項 10】 前記不純物捕集容器には、前記凝縮、凝固された不純物を付着させるための不純物付着板が着脱可能に設けられることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載のトラップ装置。

【請求項 11】 前記ノズル手段は、ラバルノズルであることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載のトラップ装置。

【請求項 12】 前記作動流体は、 N_2 、 H_2 、 Ar 、 He の内、いずれか 1 つのガスよりなることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載のトラップ装置。

【請求項 13】 前記処理装置は、被処理体に対して成膜処理を施すための成膜装置であることを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれかに記載のトラップ装置。

【請求項 14】 被処理体に対して所定の処理を施すための処理装置と、前記処理装置内を真空引きするために途中に真空ポンプが介設された真空排気系と、

前記真空排気系に介設された請求項 1 乃至 13 のいずれかに記載されたトラップ装置と、

を備えたことを特徴とする処理システム。

【請求項 15】 被処理体に対して所定の処理を施す処理装置から排出される排気ガス中からガス状になっている不純物を除去する不純物除去方法において、

前記排気ガス中に断熱膨張により超音速状態となった作動流体を吹き込んで前記排気ガスと混合させると共に前記排気ガスの温度を前記不純物の臨界点以下に低下させることにより前記不純物を凝縮、凝固させるようにしたことを特徴とする不純物除去方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、成膜装置等の処理装置より排出される排気ガス中のガス状の不純物を除去するトラップ装置、処理システム及び不純物除去方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、ICなどの集積回路や論理素子を形成するためには、半導体ウエハ、ガラス基板、LCD基板等の表面に、所望の薄い成膜を施す行程やこれを所望のパターンにエッチングする行程が繰り返して行なわれる。

ところで、成膜工程を例にとれば、この工程においては、所定の処理ガス（原料ガス）を処理容器内にて反応させることによってシリコンの薄膜、シリコンの酸化物や窒化物の薄膜、或いは金属の薄膜、金属の酸化物や窒化物の薄膜等を被処理体の表面に形成するが、この成膜反応と同時に余分な反応副生成物が発生し、これが排気ガスと共に排出されてしまう。また、未反応の処理ガスも排出される。

【0003】

この反応副生成物や未反応の処理ガスは、そのまま大気中に放出されると環境汚染等の原因になることから、これを防止するために一般的には処理容器から延びる排気ガス系にトラップ装置を介設し、これにより排気ガス中に含まれている反応副生成物や未反応の処理ガス等を捕獲して除去するようになっている。

このトラップ装置の構成は、捕獲除去すべき反応副生成物等の特性に応じて種々提案されているが、例えば常温で凝縮（液化）、凝固（固化）する反応副生成物を除去する場合には、このトラップ装置はその一例として排気ガスの導入口と排出口を有する筐体内に多数のフィンを設けて構成されている。そして、このフ

インは、排気ガスの流れる方向に対して、順次配列してこれらのフィン間を排気ガスが通過する時に排気ガス中の反応副生成物等をフィン表面に付着させて捕獲するようになっている。また、このフィンに冷却流体等により冷却して捕獲効率を上げることも行なわれている。

【0004】

ここで、原料ガスとして高融点金属ハロゲン化合物の $TiCl_4$ （四塩化チタン）を用いて Ti 金属膜を成膜する場合を例にとって説明すると、原料ガスとしては $TiCl_4$ の他に H_2 ガスを用い、これを Ar ガスの存在下にてプラズマにより活性化して水素で還元し、 Ti 膜を半導体ウエハ表面に堆積させている。この時、反応副生成物として $TiCl_x$ （ $x < 4$ ）が発生し、また、未反応の $TiCl_4$ ガスも存在し、これらの $TiCl_x$ や $TiCl_4$ 等が排気ガスに含まれて流出する。これらの $TiCl_x$ や $TiCl_4$ 等は大気汚染等の原因となる不純物ガスであることから、上記したようなトラップ装置により捕獲されることになる。

【0005】

ここで、上記した未反応ガスである $TiCl_4$ や反応副生成物である $TiCl_x$ 等の不純物ガスは、比較的蒸気圧が高いため、上述したようにトラップ装置内を冷却していても、このトラップ装置内で完全に捕獲して除去することがかなり困難であり、十分な回収率が得られない場合があった。このため、トラップ機構よりも下流側に設けられている除害装置で、上記トラップ機構を通り抜けた不純物ガスを完全に除去して無害化するためかなりの負担がかかり、この除害装置のランニングコストが高騰するのみならず、この除害装置自体の寿命も短くなる、といった問題があった。このような問題は、 $TiCl_4$ や WF_6 や $(Ta(OE)_5)_2$ （ペントエトキシタンタル）などの高融点金属化合物ガスを用いる成膜装置の共通の問題である。

【0006】

また、 $TiCl_4$ を用いる他の成膜方法として、 TiN 膜を成膜する方法が知られている。すなわち、原料ガスとして高融点金属ハロゲン化合物の $TiCl_4$ （四塩化チタン）を用いて TiN 膜を成膜する場合を例にとって説明すると、原

料ガスとしては $TiCl_4$ の他に NH_3 ガスを用い、両ガスを反応させることによって TiN 膜を半導体ウエハ表面に堆積させている。この時、反応副生成物として NH_4Cl や $TiCl_4(NH_3)_n$ (n は正の整数) が発生し、また、未反応の $TiCl_4$ ガスも存在し、これらのガス成分は排気ガスに含まれて流出し、上記したようなトラップ装置により捕獲されることになる。

【0007】

そして、排気ガス中の含まれる不純物ガス、例えば塩素ガスをより完全に除くためにこの不純物ガスと反応する反応性ガス、例えばアンモニアガスを排気系の途中で排気ガスに混合させて不純物ガスを凝縮し易い物質、例えば塩化アンモニウムに変換し、この塩化アンモニウムもトラップ装置にて冷却凝縮させて捕集することにより、不純物ガスを効率的に除去する方法も提案されている（特許文献1）。

またその他に、特許文献2に開示されているように、粉末成形品を焼結する焼結炉より排出されるワックス蒸気を含む排気ガス中からワックスを液化させて回収する際に、ワックストラップ装置内に小孔を有するトラップ円板を多段に配置し、上記小孔を通過する排気ガスを断熱膨張させつつ排気ガスを自冷してワックスを液化させて回収するようにした技術も開示されている。

【0008】

【特許文献1】

特開 2001-214272 号公報

【特許文献2】

特開昭 62-4405 号公報

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述したような特許文献1に示すような従来のトラップ装置にあつては、トラップ処理が進むにつれて捕集物が冷却フィンに付着すると、排気ガスは捕集物層を介して冷却フィンと熱交換を行うことから、排気ガスに対する冷却効率が次第に低下し、このため捕集効果も時間の経過と共に劣化して、不純物ガスを完全には除去できなくなるのみならず、メンテナンスの頻度が高くなる、と

いった問題があった。この場合、捕集効率の経時的劣化を防止するためには、冷却フィンの段数を多く設定することも考えられるが、この場合には装置が過度に大型化するために現実的ではない。またメンテナンス時に捕集物を冷却フィンから洗浄により除去する場合、冷却フィンが多段に形成されて全体構造が複雑なため、洗浄操作も行い難い、といった問題もあった。

【0010】

また特許文献2に示すようなトラップ装置では、捕集物が粘性のある固形物の場合には、捕集物がトラップ円板の小孔を次第に塞いでしまうのでメンテナンスの頻度が非常に高くなる、といった問題があった。

更にこの特許文献2のトラップ装置では、単なる小孔を用いて排気ガスを断熱膨張させているので、この冷却効率はそれ程高くはなく、従って、排気ガス中の不純物ガスを十分に捕集し切れずに、捕集効率が比較的低くなってしまふ、といった問題もあった。

本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、排気ガス中からガス状の不純物を除去するために構造が簡単で、且つ捕集効率も常時高く維持することが可能なトラップ装置、処理システム及び不純物除去方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明者は、排気ガス中におけるガス状の不純物のトラップ方法について鋭意研究した結果、ラバルノズルを用いて断熱膨張により超音速状態となった作動流体を排気ガス中に吹き込むことにより、排気ガスを効率的に冷却してガス状の不純物を凝縮、凝固させて捕集することができる、という知見を得ることにより、本発明に至ったものである。

【0012】

請求項1に係る発明は、被処理体に対して所定の処理を施す処理装置内を真空排気するための真空ポンプを有する真空排気系に介設されて、前記真空排気系内を流れる排気ガス中に含まれるガス状の不純物を除去するためのトラップ装置において、前記真空排気系の排気通路に介設された不純物捕集容器と、断熱膨張に

より超音速状態となった作動流体を吹き込んで前記排気ガスと混合させると共に前記不純物捕集容器内で前記不純物の臨界点以下に前記排気ガスの温度を低下させるノズル手段と、を備えたことを特徴とするトラップ装置である。

このように、ノズル手段により断熱膨張して超音速状態となった作動流体を吹き込むことにより、排気ガスを冷却してガス状の不純物を凝縮、凝固して捕集させるようにしたので、冷却効率を常に高く維持することができ、従って、捕集効率も常に高く維持することが可能となる。また、従来のトラップ装置で用いた冷却フィン等のような複雑な構造物を不要にできるので、不純物捕集容器内に凝縮、凝固により付着した例えば粘性のある捕集物を除去するメンテナンス作業を行う際に、このメンテナンス作業を迅速に、且つ容易に行うことが可能となる。

【0013】

この場合、例えば請求項2に規定するように、前記ノズル手段は、前記不純物捕集容器に対して複数回並列に設けられる。

また例えば請求項3に規定するように、前記ノズル手段は、その流路面積が作動流体の流れ方向に沿って次第に絞り込まれて喉部を通過した後に次第に拡大するようになされたノズル本体を有する。

また例えば請求項4に規定するように、前記ノズル本体は断面が略円形に成形された作動流体噴射口を有しており、前記作動流体噴射口の周囲を囲むようにして前記排気ガスを前記不純物捕集容器側に向けて導入するためのリング状の排気ガス導入口が形成されている。

【0014】

また例えば請求項5に規定するように、前記ノズル本体は断面が略リング状に成形された作動流体噴射口を有しており、その中心部には前記排気ガスを前記不純物捕集容器側に向けて導入するための略円形の排気ガス導入口が形成されている。

また例えば請求項6に規定するように、前記排気ガス導入口へ向かう排気ガスを一時的に滞留させるための前段滞留室が設けられる。

また例えば請求項7に規定するように、前記ノズル手段の先端部側には、前記作動流体噴射口より噴射された超音速の作動流体と前記排気ガス導入口より取り

込んだ排気ガスとを混合させる混合管と、その流路面積を順次拡大させてポンプ機能を持たせた拡散管とを順次連結させている。

【0015】

また例えば請求項 8 に規定するように、前記混合管と前記拡散管とには、前記不純物が凝縮、凝固して付着することを防止するための付着防止用加熱手段が設けられる。

これによれば、付着防止用加熱手段により混合管や拡散管が加熱されているので、この内壁面に不純物が例えば粘性のある固形物状になって付着することを防止することができる。

また例えば請求項 9 に規定するように、前記混合ガス中における前記ガス状の不純物が凝縮、凝固する時に核となる物質を導入するための核導入手段が設けられる。

これによれば、排気ガス中に凝縮、凝固の起点となる核を導入するようにしたので、ガス状の不純物が過冷却状態になることを防止してこの凝縮、凝固を促進することができるので、不純物の捕集効率を一層向上させることが可能となる。

【0016】

また例えば請求項 10 に規定するように、前記不純物捕集容器には、前記凝縮、凝固された不純物を付着させるための不純物付着板が着脱可能に設けられる。

また例えば請求項 11 に規定するように、前記ノズル手段は、ラバルノズルである。

また例えば請求項 12 に規定するように、前記作動流体は、 N_2 、 H_2 、 Ar 、 He の内、いずれか 1 つのガスよりなる。

また例えば請求項 13 に規定するように、前記処理装置は、被処理体に対して成膜処理を施すための成膜装置である。

【0017】

請求項 14 に係る発明は、上記トラップ装置を用いた処理システムであり、すなわち被処理体に対して所定の処理を施すための処理装置と、前記処理装置内を真空引きするために途中に真空ポンプが介設された真空排気系と、前記真空排気系に介設された請求項 1 乃至 13 のいずれかに記載されたトラップ装置と、を備

えたことを特徴とする処理システムである。

請求項 15 に係る発明は、上記トラップ装置を用いて行われるトラップ方法を規定したものであり、すなわち被処理体に対して所定の処理を施す処理装置から排出される排気ガス中からガス状になっている不純物を除去する不純物除去方法において、前記排気ガス中に断熱膨張により超音速状態となった作動流体を吹き込んで前記排気ガスと混合させると共に前記排気ガスの温度を前記不純物の臨界点以下に低下させることにより前記不純物を凝縮、凝固させるようにしたことを特徴とする不純物除去方法である。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明のトラップ装置、処理システム及び不純物除去方法の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。

<第1実施例>

図1は本発明に係るトラップ装置が設けられる処理システムの一例を示す概略構成図、図2は本発明のトラップ装置の第1実施例を示す断面図である。

本実施例では、被処理体としての半導体ウエハの表面に高融点金属化合物ガスとして高融点金属ハロゲン化合物ガスである $TiCl_4$ ガスを用いてプラズマ CVD (Chemical Vapor Deposition) により Ti 膜を成膜処理する場合を例にとって説明する。

図1に示すように、この処理システム2は、半導体ウエハWに対してTi膜の成膜を実際に施す処理装置(成膜装置)4と、この処理装置4内の雰囲気真空引きして排気する真空排気系6と、この真空排気系6に介設された本発明のトラップ装置8とにより主に構成される。

【0019】

まず、処理装置4について説明すると、この処理装置4は、例えばアルミニウム製の筒体状の処理容器10を有しており、この処理容器10は接地されている。この処理容器10内には、底部より導電性の支柱12を介して載置台14が設けられており、この上面に被処理体としての半導体ウエハWを載置して保持するようになっている。この載置台14は、例えばNi等の導電性材料よりなって下

部電極を兼用するものであり、内部には、半導体ウエハWを加熱する抵抗加熱ヒータ16が埋め込まれている。

【0020】

また、処理容器10の天井部には、原料ガス等の必要なガスを処理容器10内へ導入するシャワーヘッド18が絶縁材20を介して設けられており、このシャワーヘッド18には、途中に供給側開閉弁22を介設したガス供給通路24が接続されて、それぞれ流量制御された TiCl_4 ガス、 H_2 ガス、 Ar ガス等の必要なガスを供給できるようになっている。尚、各ガスをそれぞれ独立した供給通路から供給するようにしてもよい。

また、このシャワーヘッド18は、上部電極を兼ねるものであり、これには、マッチング回路26を介して例えば450kHzの高周波電源28が接続されて、載置台14とシャワーヘッド18との間に高周波によるプラズマを発生させるようになっている。尚、この高周波電源28の周波数は450kHzに限定されず、他の周波数を用いてもよく、例えば13.56MHz等を用いてもよい。

また、処理容器10の側壁には、ウエハWの搬出入を行なうゲートバルブ30が設けられ、底部周辺部には排気口32が設けられる。

【0021】

一方、上述のように形成された処理装置4に接続される真空排気系6は、上記排気口32に接続される、例えば内径が10cm程度のステンレス製の排気通路34を有している。この排気通路34には、排気ガス中のガス状の不純物を除去するための上記トラップ装置8、処理容器10内の雰囲気気を真空引きする真空ポンプ36及び排気ガス中に残留する不純物ガスを完全に除去する除害装置38が、この順序で下流側に向けて順次介設されている。

また、この排気通路34の最上流側には、この排気通路34の流路面積を変えて処理容器10内の圧力を制御する圧力制御弁40が介設される。上記圧力制御弁40の直ぐ下流側の排気通路34には、この排気通路34内へ流量制御されたアンモニア(NH_3)ガスを注入するアンモニアガスノズル42が設けられており、ここを流れる排気ガス中にアンモニアガスを注入して排気ガス中に含まれる塩化水素や塩素ガスとこのアンモニアガスとを反応させて塩化アンモニウム等を

形成し得るようになっている。

【0022】

また上記トラップ装置 8 の直ぐ上流側及び下流側の排気通路 34 には、このトラップ装置 8 の着脱時等にこれを排気通路 34 から隔離するための開閉弁 44 がそれぞれ介設されている。また上記ガス供給通路 24 及び上記処理容器 10 と上記トラップ装置 8 との間の排気通路 34 には、それぞれ図中点線で示すようにテープヒータ 46A、46B が巻回されており、各通路 24、34 内を流れる不純物ガスの臨界温度（凝縮温度、或いは凝固温度）以上の温度に加熱して通路 24、34 内で不純物ガスが液化したり、固化したりすることを防止するようになっている。

【0023】

そして本発明に係るトラップ装置 8 は、図 2 にも示すように、例えばアルミニウム製の箱状に成形された不純物捕集容器 50 を有している。この不純物捕集容器 50 の天井部にはガス入口 52 が形成されており、このガス入口 52 に上流側より延びてくる排気通路 34 を接続して排気ガスを導入するようになっている。またこの不純物捕集容器 50 の一側壁には、ガス出口 54 が形成されており、このガス出口 54 に下流側に延びる排気通路 34 を接続してガス状の不純物が除去された排気ガスを下流側へ排出するようになっている。尚、上記ガス入口 52 及びガス出口 54 の設置位置は特に限定されない。

【0024】

また上記不純物捕集容器 50 の他の一側壁には、例えば開閉可能になされた開閉ドア 56 となっており、メンテナンス時等の必要時にこの開閉ドア 56 を開閉し得るようになっている。この開閉ドア 56 は、Oリング等のシール部材 58 を介して気密に閉塞される。またこの不純物捕集容器 50 内の底部の略全面には、着脱可能になされた不純物付着板 60 が取り付けられており、この上面に凝縮、凝固させて例えば粘度の高い液状になった不純物、或いは凝縮、凝固した不純物 M（図 2 参照）を付着させるようになっている。

【0025】

そして、この不純物付着板 60 に対向する不純物捕集容器 50 の天井部 62 に

は、本発明の特徴とするノズル手段 64 が設けられている。このノズル手段 64 には、作動ガス通路 66 を介して作動流体として例えば N_2 ガスを貯留する作動ガス源 68 が接続されており、所定の圧力の N_2 ガスを上記ノズル手段 64 に向けて供給できるようになっている。またこの作動ガス通路 66 の途中には、 N_2 ガスの供給を制御する開閉弁 70 が介設されている。そして、上記ノズル手段 64 の直ぐ上流側の作動ガス通路 66 には、この作動流体中にガス状の不純物が凝縮、凝固する時に核となる物質を導入するための核導入手段 72 が設けられている。

【0026】

この凝縮、凝固の起点となる核を導入する核導入手段 72 としては、ここでは上記作動ガス通路 66 に取り付けられたガスノズル 72A を有しており、このガスノズル 72A より核として流量制御された水蒸気を導入し得るようになっている。そして上記構成により、上記ノズル手段 64 からは、超音速状態で上記作動流体 (N_2 ガス) を噴射し得るようになっている。この結果、断熱膨張により超音速状態となった作動流体は、不純物捕集容器 50 内に吹き込まれて排気ガスと混合しつつ排気ガスを冷却し、ガス状の不純物をこの臨界点以下に冷却して凝縮、凝固し得るようになっている。

【0027】

この場合、図 2 に示すように上記ノズル手段 64 を形成するノズル本体 74 は、その中心に流路面積が作動流体の流れ方向に沿って次第に絞り込まれて、最も流路面積が狭い喉部 74A を通過した後に次第に拡大するような形状となっており、従って、その最下端部の断面が略円形になされた作動流体噴射口 74C となっている。このようなノズル手段 64 としては、例えばラバルノズルを用いることができる。

【0028】

次に、以上のように構成された処理システムを用いて行なわれる不純物除去方法について説明する。

まず、Ti 膜の成膜時には、処理装置 4 の処理容器 10 内の載置台 14 上に半導体ウエハ W を載置し、そして、これを所定の温度に昇温加熱維持する。これと

同時に、下部電極である載置台 14 と上部電極であるシャワーヘッド 18 との間に高周波電圧を印加し、また、シャワーヘッド 14 から $TiCl_4$ ガス、 H_2 ガス、 Ar ガス等の所定のガスを流量制御しつつ流し、処理空間にプラズマを立てて Ti 膜の成膜を行なう。これと同時に、真空排気系 6 も駆動して処理容器 10 内の雰囲気気を真空引きして内部を所定の圧力に維持する。

【0029】

この時のプロセス条件に関しては、例えばウエハサイズが 8 インチサイズと仮定すると、プロセス圧力は 665 Pa ($\approx 5\text{ Torr}$)、プロセス温度は 650°C 程度、 $TiCl_4$ ガスの流量は 5 sccm 程度、 H_2 ガスの流量は 2000 sccm 程度、 Ar ガス流量は 500 sccm 程度である。

上記 Ti 膜の成膜反応により、 $TiCl_4$ ガスは約 10 % 程度消費されるが、残りの約 90 % 程度は未反応ガスとして、また、 $TiCl_2$ や $TiCl_3$ や HCl などの反応副生成物として排気ガスと共に排気口 32 より真空排気系 6 の排気通路 34 内へ流入してこれを流下し、この排気ガスは更にトラップ装置 8、真空ポンプ 36 及び除害装置 38 の順に順次流れて行く。ここで、上記未反応ガスや反応副生成物の内、特に $TiCl_4$ ガスは比較的蒸気圧が高いので、トラップされ難いが、アンモニアガスノズル 42 から反応ガスとして NH_3 ガスを排気通路 34 中に導入しており、これにより、 NH_3 ガスと主に $TiCl_4$ ガスとを反応させて $TiCl_4 \cdot 2NH_3$ の錯体よりなる化合物を形成している。この錯体は、 $TiCl_4$ ガスよりもかなり蒸気圧が低く、例えば $TiCl_4$ ガスは 21.3°C において 1300 Pa であるが、上記錯体は 21.3°C において $1 \times 10^{-4}\text{ Pa}$ 程度である。また、 HCl ガスも NH_3 ガスと反応して NH_4Cl ガスとなるが、これも蒸気圧が低い。

【0030】

このように、主として未反応残留ガスを、 NH_3 ガスと反応させて蒸気圧の低い化合物に変換され、また、反応副生成物である HCl を NH_3 ガスと反応させて蒸気圧の低い化合物に変換され、トラップ装置 8 内で比較的捕集し易くなっている。上記錯体や NH_4Cl 等よりなるガス状の不純物は排気ガス中に含まれて、トラップ装置 8 のガス入口 52 より不純物捕集容器 50 内へ導入されることに

なる。

ここで、この不純物捕集容器 50 内へは、この天井部に設けたノズル手段 64 より作動流体として N_2 ガスが断熱膨張により超音速状態で吹き込まれている。この N_2 ガスは断熱膨張をすることにより自らは温度が低下し（これを自冷とも称す）つつ排気ガスと混合し、これによって排気ガスを冷却するので上記ガス状の不純物は臨界点以下に冷却されて凝縮し、或いは凝固して析出し、この不純物 M は不純物捕集容器 50 内の底部に設けた不純物付着板 60 に付着して堆積することによって捕集されることになる。このようにしてガス状の不純物が除去された排気ガスは、ガス出口 54 より排出されて下流側の真空ポンプ 36 の方に流れて行く。

【0031】

このように、圧力差を作動流体である N_2 ガスの運動エネルギーに効率的に変換して超音速状態を実現できるノズル、例えばラバルノズルを用い、 N_2 ガスが断熱膨張し、超音速状態となる時に自冷する冷熱によりガス状の不純物を冷却して凝縮、凝固させるようにしたので、ガス状の不純物を効率的に排ガス中から除去することができる。

また従来のトラップ装置で用いた冷却フィン等を使用していないので、冷却効率を常時高く維持することができ、しかも、捕集された不純物が増加しても排気コンダクタンスに悪影響を与えることもない。しかも、上述したように冷却フィン等を用いていないので、トラップ装置 8 の全体構成も簡単化することができる。尚、この時の作動流体の流量は、上流側の処理容器 10 内の圧力制御に悪影響を与えないような流量とする。

【0032】

また上記作動流体である N_2 ガス中には、核導入手段 72 より導入された水蒸気が含まれているので、これが不純物捕集容器 50 内で冷却されて微細な氷粒となって核として機能し、上記ガス状の不純物が過冷却されることなく上記氷粒を核として凝縮、凝固して析出することになり、この結果、不純物の捕集効率を一層高めることが可能となる。尚、上記核導入手段 72 を不純物捕集容器 50 に設けて、水蒸気をこの不純物捕集容器 50 内に直接的に導入するようにしてもよ

い。この点は後述する他の実施例でも同様である。

【0033】

またこのトラップ装置 8 のメンテナンス時には、開閉ドア 56 を取り外した後に、着脱可能になされた不純物付着板 60 を不純物捕集容器 50 より取り出し、この不純物付着板 60 の上面に付着している不純物 M を洗浄して除去するだけで済むので、メンテナンス作業性も大幅に向上させることができる。

尚、この第 1 実施例では、本発明の理解を容易にするために、ノズル手段 64 を一基のみ設けた場合を例にとって説明したが、このノズル手段 64 を複数個並列させて設けるようにし、各ノズル手段 64 から不純物捕集容器 50 内へ水蒸気が混入された作動流体を噴射して吹き込むようにしてもよい。

【0034】

<第 2 実施例>

次に本発明の第 2 実施例について説明する。この第 2 実施例では先の第 1 実施例のノズル手段 64 の構造を少し変更し、これを複数個並列に設けた構成となっている。

図 3 はこのような本発明のトラップ装置の第 2 実施例を示す断面図、図 4 は図 3 中の 1 つのノズル手段を示す拡大断面図、図 5 は図 4 中の A-A 線矢視断面図である。尚、図 1 及び図 2 に示す部分と同一構成部分については同一符号を付してその説明を省略する。

図示するように、ここでは不純物捕集容器 50 の前段側に処理容器 10 側から流れてくる排気ガスを一時的に滞留乃至貯留するための例えばステンレス製の前段滞留室 80 を有している。この前段滞留室 80 の側壁の一部にガス入口 82 が設けられており、このガス入口 82 に上流側の排気通路 34 を接続して排気ガスを流入させるようになっている。

【0035】

そして、上記前段滞留室 80 の長手方向の側壁と前記不純物捕集容器 50 の天井部 62 との間には、前段滞留室 80 と不純物捕集容器 50 内とを連通するようにして複数、図示例では 9 個の連通路 84 が並列に設けられており、この連通路 84 を介して前段滞留室 80 内の排気ガスを不純物捕集容器 50 内の方へ流すよ

うになっている。この連通路 84 は、図 4 にも示すように、排気ガスの流れ方向に沿ってその内径が順次縮径されて円錐状になされた導入管 86 と、この導入管 86 に続く円筒体状の混合管 88 と、この混合管 88 に続いて排気ガスの流れ方向に沿ってその内径が順次拡径された拡散管 90 とにより主に構成されている。

【0036】

一方、上記前段滞留室 80 内には、上記作動ガス通路 66 に接続される所定の大きさの作動ガスヘッダ 92 が設けられており、この作動ガスヘッダ 92 内に凝縮、凝固の起点となる水蒸気が含まれた作動ガスを導入するようになっている。そして、上記作動ガスヘッダ 92 から、上記各連通路 84 に向けて、図 2 において説明したものと同様な構造のノズル手段 64 が延在させて設けられている。このノズル手段 64 のノズル本体 74 の先端部は、図 4 にも示すように、上記導入管 86 と混合管 88 との接合部に略位置されており、非接触状態になされている。

【0037】

従って、この部分において図 5 にも示すように、中心部では断面が略円形の作動流体噴射口 74C が形成され、この作動流体噴射口 74C の周囲を囲むようにして断面が略リング状の排気ガス導入口 94 が形成されることになり、この排気ガス導入口 94 から排気ガスが不純物捕集容器 50 内に向けて導入される。ここで上記ノズル本体 74 は、前述したように、その中心に流路面積が作動流体の流れ方向に沿って次第に絞り込まれて、最も流路面積が狭い喉部 74A を通過した後、次第に拡大するような形状となっており、従って、その最下端部の断面が略円形になされた作動流体噴射口 74C となっている。このようなノズル手段 64 としては、前述したように例えばラバルノズルを用いることができる。

【0038】

このようにして、ノズル手段 64 から超音速状態の作動流体を噴射するようになった結果、このノズル手段 64 はエジェクターポンプのようなポンプ機能を有することになり、排気ガス導入口 94 からの排気ガスは作動ガスの噴流に押し流されて排気側に向かって流れるようになっている。

また、この混合管 88 と拡散管 90 の外周壁には、例えばテープヒータのよう

な付着防止用加熱手段 9 6 が設けられており、これをガス状の不純物の臨界温度以上に加熱することにより、この内壁面に不純物が凝縮、凝固して付着することを防止するようになっている。

【0 0 3 9】

この第 2 実施例の場合には、基本的には第 1 実施例の場合と同様な作用効果を発揮できる。例えば処理容器 1 0 側から流れてくる排気ガスは前段滞留室 8 0 内で全体に拡散し、各連通路 8 4 を介して並行して不純物捕集容器 5 0 内側へ導入されることになる。これと同時に、作動ガスヘッダ 9 2 を介して各ノズル手段 6 4 の作動流体噴出口 7 4 C からは、作動流体として例えば N_2 ガスが断熱膨張により超音速状態で噴射される。この超音速状態の N_2 ガスは、リング状の排気ガス導入口 9 4 から導入される排気ガスと混合管 8 8 内にて混合されつつ拡散管 9 0 内を拡散されて不純物捕集容器 5 0 内に至り、ガス状の不純物を冷却して凝縮、凝固させ、不純物付着板 6 0 上に不純物 M が付着することになる。これにより、第 1 実施例の場合と同様に、排気ガス中から不純物を効率的に除去することができる。特に複数のノズル手段 6 4 を並列に設けたので、その分、不純物の除去効率を高めることができる。

【0 0 4 0】

また作動流体中に例えば水蒸気のような核を混入させることにより、第 1 実施例の場合と同様に、ガス状の不純物の過冷却をなくして、この不純物の除去効率を一層高めることができる。更には、従来のトラップ装置は排気コンダクタンスを低下させるように作用するのに対して、この第 2 実施例では、ノズル手段 6 4 はポンプ機能を発揮して作動流体噴射口 7 4 C の周囲に設けたリング状の排気ガス導入口 9 4 からの排気ガスを巻き込むようにして排気側へ押し流すように作用するので、排気コンダクタンスを高めることができ、排気系に悪影響を与えることがない。また混合管 8 8 や拡散管 9 0 には、付着防止用加熱手段 9 6 を設けてこれを加熱するようになっているので、この内壁面側に不純物が付着することを防止することができる。

【0 0 4 1】

ここで図 4 に示す構成において、各部における温度、圧力、流速等の各パラメ

ータについて検討した結果、次に示すような結果を得ることができた。

ノズル入口における作動流体圧力 $P_1 : 1.33 \times 10^4 \text{ Pa}$ ($\cong 0.1 \text{ atm}$)

作動ガス源 68 内の作動流体のガス温度 $T_1 : 293 \text{ K}$ (20°C)

ノズル入口における作動流体流速 $U_1 : 0.0 \text{ m/s}$ (超音速に比べればゼロとみなせる)

ガスの比熱比 $\kappa : 1.4$

排気ガス導入口 94 の排気ガスの圧力 $P_{e2} : 133 \text{ Pa}$

排気ガス導入口 94 の排気ガスの温度 $T_{e2} : 423 \text{ K}$ (150°C)

排気ガス導入口 94 の排気ガスの速度 $U_{e2} : 328.2 \text{ m/s}$

排気ガス導入口 94 の面積 $S_e : 808.5 \text{ mm}^2$

作動流体噴射口 74 C の面積 $S_n : 1155.0 \text{ mm}^2$

混合管 88 の直径 $D_1 : 50.0 \text{ mm}$

拡散管 90 の出口直径 $D_2 : 53.9 \text{ mm}$

【0042】

上記のように各パラメータを設定した時、以下に示すような結果を得た。

ノズル出口における圧力 $P_{n2} : 133 \text{ Pa}$ ($\cong 0.001 \text{ atm}$)

ノズル出口における作動流体温度 $T_{n2} : 78.6 \text{ K}$ (-194.4°C)

ノズル出口における作動流体速度 $U_{n2} : 656.4 \text{ m/s}$ (超音速状態)

混合管 88 の出口における圧力 $P_4 : 133 \text{ Pa}$

混合管 88 の出口における混合ガスの温度 $T_4 : 150.8 \text{ K}$ (-122.2°C)

混合管 88 の出口における混合ガスの速度 $U_4 : 413.3 \text{ m/s}$

拡散管 90 の出口における圧力 $P_5 : 189.9 \text{ Pa}$

拡散管 90 の出口における混合ガスの温度 $T_5 : 167.0 \text{ K}$ (-106.0°C)

拡散管 90 の出口における混合ガスの速度 $U_5 : 372 \text{ m/s}$

【0043】

以上に示したように、作動流体がノズルの出口から超音速状態で噴射された後

に混合管 8 8、拡散管 9 0 を経て不純物捕集容器 5 0 内に至るまで、混合ガスの温度は非常に低くできることが確認できた。

【0 0 4 4】

<第 3 実施例>

次に本発明の第 3 実施例について説明する。この第 3 実施例では先の第 2 実施例のノズル手段 6 4 の構造に関して、中心側と外周側とを逆転させた構造とし、中心側より排気ガスを流し、外周側より作動流体を噴射させるようにしたものである。

図 6 はこのような本発明のトラップ装置の第 3 実施例を示す断面図、図 7 は図 6 中の 1 つのノズル手段を示す拡大断面図、図 8 は図 7 中の B - B 線矢視断面図である。尚、図 3 乃至図 5 に示す部分と同一構成部分については同一符号を付してその説明を省略する。

図示するように、ここでも第 2 実施例と同様に、不純物捕集容器 5 0 の前段側に処理容器 1 0 側から流れてくる排気ガスを一時的に滞留乃至貯留するための例えばステンレス製の前段滞留室 8 0 を有している。この前段滞留室 8 0 の側壁の一部にガス入口 8 2 が設けられており、このガス入口 8 2 に上流側の排気通路 3 4 を接続して排気ガスを流入させるようになっている。

【0 0 4 5】

そして、上記前段滞留室 8 0 の長手方向の側壁からは略円筒状の複数の、図示例では 6 本のノズル本体 1 0 0 が不純物捕集容器 5 0 に向けて延在させて設けられている。また前段滞留室 8 0 と上記不純物捕集容器 5 0 との間には、作動ガス通路 6 6 に接続された所定の大きさの作動ガスヘッダ 9 2 が介在させて設けられている。

【0 0 4 6】

そして、上記作動ガスヘッダ 9 2 の長手方向の側壁と前記不純物捕集容器 5 0 の天井部 6 2 との間には、作動ガスヘッダ 9 2 と不純物捕集容器 5 0 内とを連通するようにして複数、図示例では 6 個の連通路 1 0 2 が並列に設けられており、この連通路 1 0 2 を介して作動ガスヘッダ 9 2 内の作動流体を不純物捕集容器 5 0 内の方へ流すようになっている。この連通路 1 0 2 は、図 7 にも示すように、

作動流体の流れ方向に沿ってその内径が順次縮径されて円錐状になされた導入管 104 と、この導入管 104 に続く円筒体状の混合管 106 と、この混合管 106 に続いて排気ガス（作動流体）の流れ方向に沿ってその内径が順次拡径された拡散管 108 とにより主に構成されている。

【0047】

ここで上記導入管 104 と混合管 106 とで、ノズル外筒 110 が構成されており、このノズル外筒 110 と上記ノズル本体 100 とで、ノズル手段 112 を形成している。具体的には、上記ノズル本体 100 は、上記作動ガスヘッダ 92 の一側壁を気密に貫通してヘッダ内部へ挿入され、このノズル本体 100 の先端部は、上記混合管 106 の途中まで挿通されて非接触状態になされている。そして、上記ノズル本体 100 の先端部の外周には、流路面積が作動流体の流れ方向に沿って次第に絞り込まれて流路面積が最も狭い喉部 100A を通過した後に次第に拡大するような形状となる断面凸状になされた絞り部 112 がリング状に形成されており、この流路を作動流体が通った時に、①部と②部（図 7 参照）の差圧が有効に速度に変換されて低温で超音速の状態が実現できるようになっている。

【0048】

従って、図 8 にも示すように、中心部では断面が略円形の排気ガス導入口 114 が形成され、この排気ガス導入口 114 の周囲を囲むようにして断面が略リング状の作動流体噴射口 100C が形成されることになり、上記排気ガス導入口 114 から排気ガスが不純物捕集容器 50 内に向けて導入される。また、上記作動流体噴射口 100C から作動流体が噴射される。尚、上記断面凸状の絞り部 112 は、ノズル本体 100 側ではなく、混合管 106 の内面側に設けるようにしてもよく、或いは両者に設けるようにしてもよく、いずれにしても、作動流体を超音速状態で噴射できる、いわゆるラバルノズルを形成できるならば、その形状は問わない。

【0049】

この第 3 実施例の場合にも、先の第 1 実施例及び第 2 実施例と同様な作用効果を発揮できる。すなわち、排気ガスはノズル本体 100 の中心を通して排気ガス

導入口 114 より放出され、また作動流体である N_2 ガスは作動ガスヘッダ 92 から導入管 104 内及び喉部 100A を通ってリング状の作動流体噴射口 100C より噴射される。この時この N_2 ガスは断熱膨張の結果、自冷して低温で超音速の状態となって噴射されるので、前述したように排気ガスを巻き込みつつガス状の不純物を凝縮、凝固することになる。この場合、第 2 実施例の場合と同様に、このノズル手段 112 はポンプ機能を発揮するので、排気コンダクタンスに悪影響を与えることを防止することができる。

【0050】

更には、この第 3 実施例の場合には、排気ガスの周囲を囲むようにして作動流体である N_2 ガスが流れることになるので、排気ガスが混合管 106 の内壁面や拡散管 108 の内壁面に直接接触することを避けることができる。従って、上記凝縮、凝固した不純物が、上記混合管 106 や拡散管 108 の内壁面に付着することを防止することができる。尚、この第 3 実施例の場合でも、上記不純物の付着を完全に防止するために第 2 実施例のように付着防止用加熱手段 96 を設けるようにしてもよい。

尚、上記各実施例においては、凝縮、凝固の起点となる核を形成するために、水蒸気を導入してこれを氷結させるようにしたが、これに限定されず、セラミックスや石英等のパウダを用いるようにしてもよい。また作動流体に関しても N_2 ガスに限定されず、Ar ガスや He ガス等の不活性ガス、 H_2 ガス等を用いてもよい。

【0051】

また成膜する膜種に関しても Ti 膜に限定されず、反応副生成物や未反応物質を排気ガス中から除去する必要がある全ての成膜装置、或いは処理装置に本発明を適用することができる。

また、上記各実施例では、被処理体として半導体ウエハを例にとって説明したが、これに限定されず、ガラス基板、LCD 基板等にも適用できるのは勿論である。

【0052】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明のトラップ装置、処理システム及び不純物除去方法によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。

請求項1～7、10～15の発明によれば、ノズル手段により断熱膨張し、超音速状態となった作動流体を排気ガス中に吹き込むことにより、排気ガスを冷却してガス状の不純物を凝縮、凝固して捕集させるようにしたので、冷却効率を常に高く維持することができ、従って、捕集効率も常に高く維持することができる。また、従来のトラップ装置で用いた冷却フィン等のような複雑な構造物を不要にできるので、不純物捕集容器内に凝縮、凝固により付着した例えば粘性のある捕集物を除去するメンテナンス作業を行う際に、このメンテナンス作業を迅速に、且つ容易に行うことができる。

請求項8の発明によれば、付着防止用加熱手段により混合管や拡散管が加熱されているので、この内壁面に不純物が例えば粘性のある固形物状になって付着することを防止することができる。

請求項9の発明によれば、排気ガス中に核を導入するようにしたので、ガス状の不純物が過冷却状態になることを防止してこの凝縮、凝固を促進することができるので、不純物の捕集効率を一層向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係るトラップ装置が設けられる処理システムの一例を示す概略構成図である。

【図2】

本発明のトラップ装置の第1実施例を示す断面図である。

【図3】

本発明のトラップ装置の第2実施例を示す断面図である。

【図4】

図3中の1つのノズル手段を示す拡大断面図である。

【図5】

図4中のA-A線矢視断面図である。

【図6】

本発明のトラップ装置の第 3 実施例を示す断面図である。

【図 7】

図 6 中の 1 つのノズル手段を示す拡大断面図である。

【図 8】

図 7 中の B - B 線矢視断面図である。

【符号の説明】

- 2 処理システム
- 4 処理装置
- 6 真空排気系
- 8 トラップ装置
- 10 処理容器
- 34 排気通路
- 36 真空ポンプ
- 38 除害装置
- 50 不純物捕集容器
- 64 ノズル手段
- 66 作動ガス通路
- 68 作動ガス源
- 72 核導入手段
- 74 ノズル本体
- 74A 喉部
- 74C 作動流体噴射口
- 80 前段滞留室
- 86 導入管
- 88 混合管
- 90 拡散管
- 92 作動ガスヘッダ
- 94 排気ガス導入口
- 96 付着防止用加熱手段

W 半導体ウエハ（被処理体）

【書類名】

図面

【図 1】

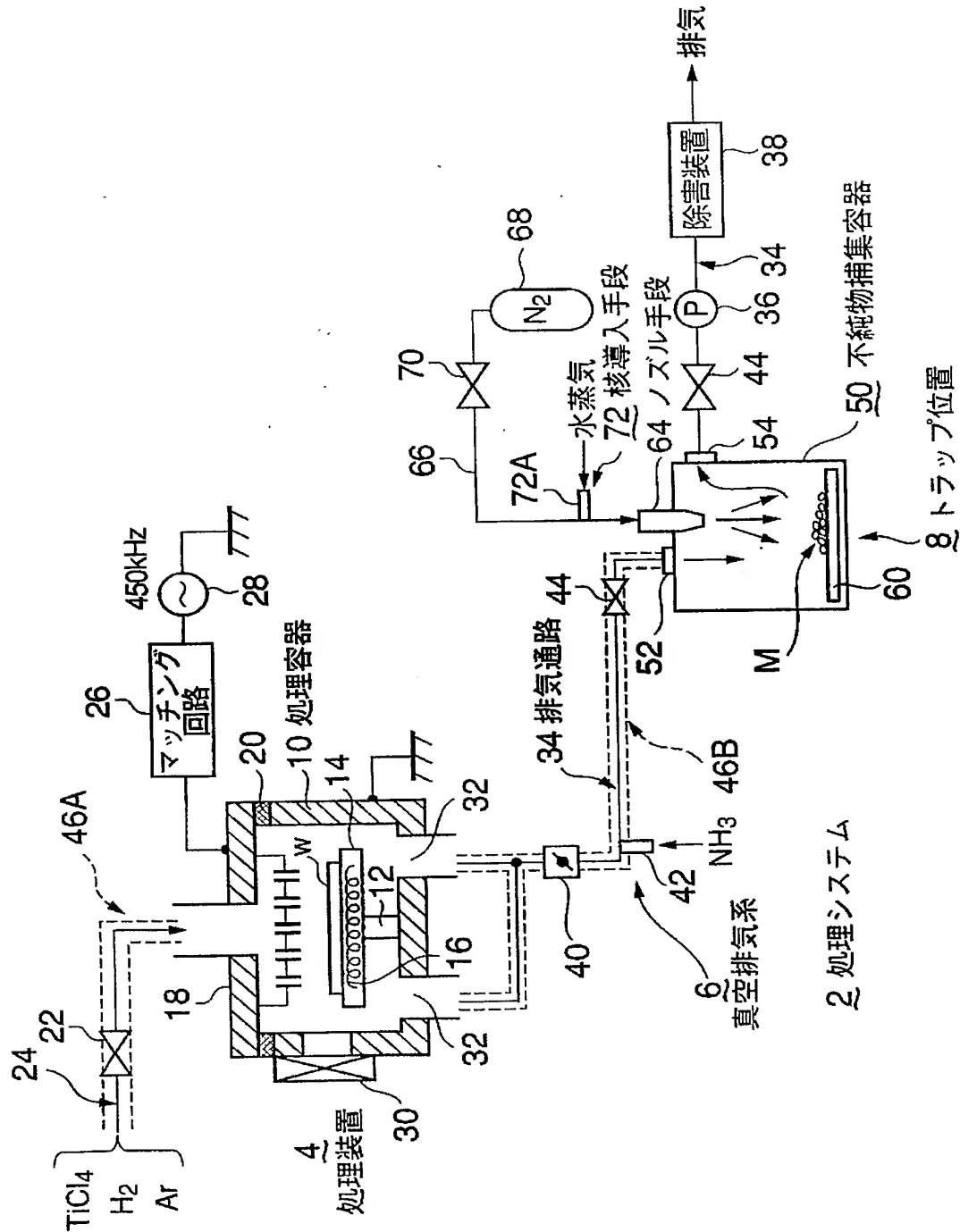
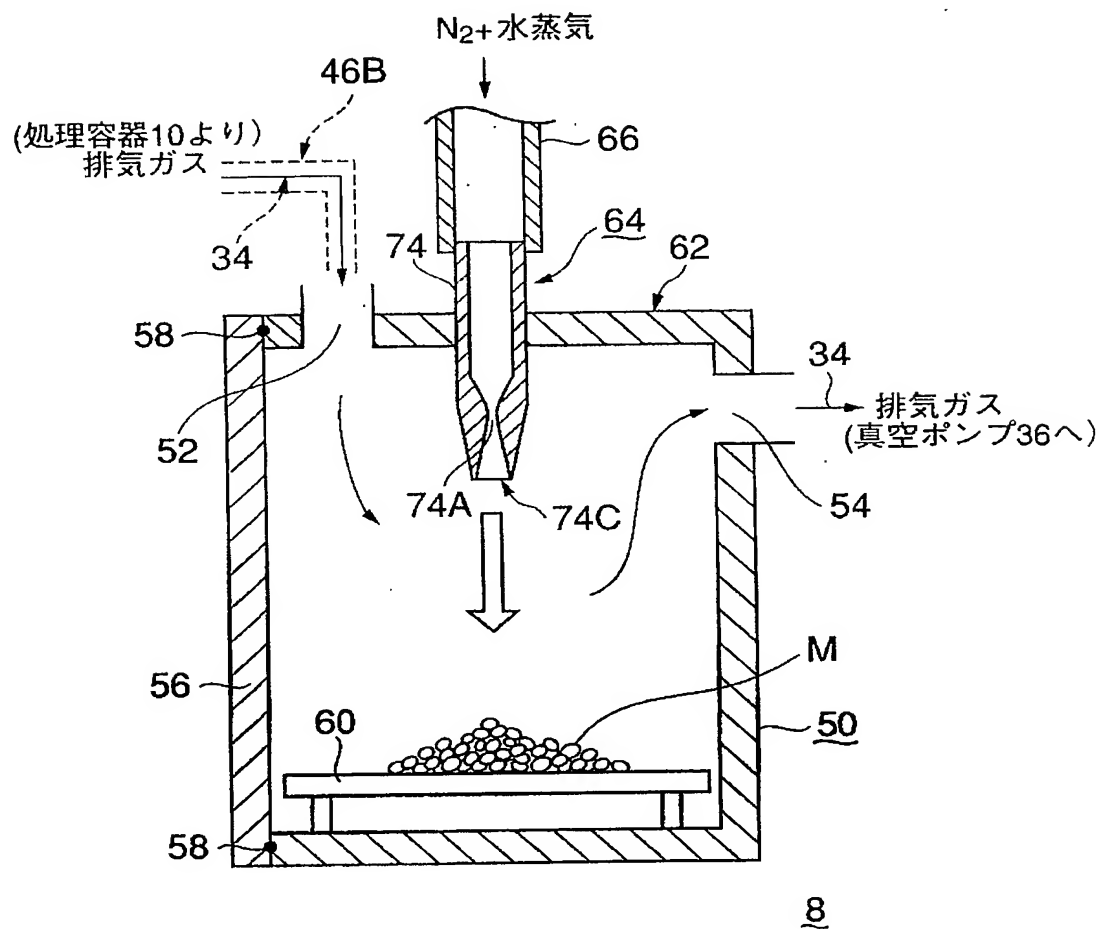


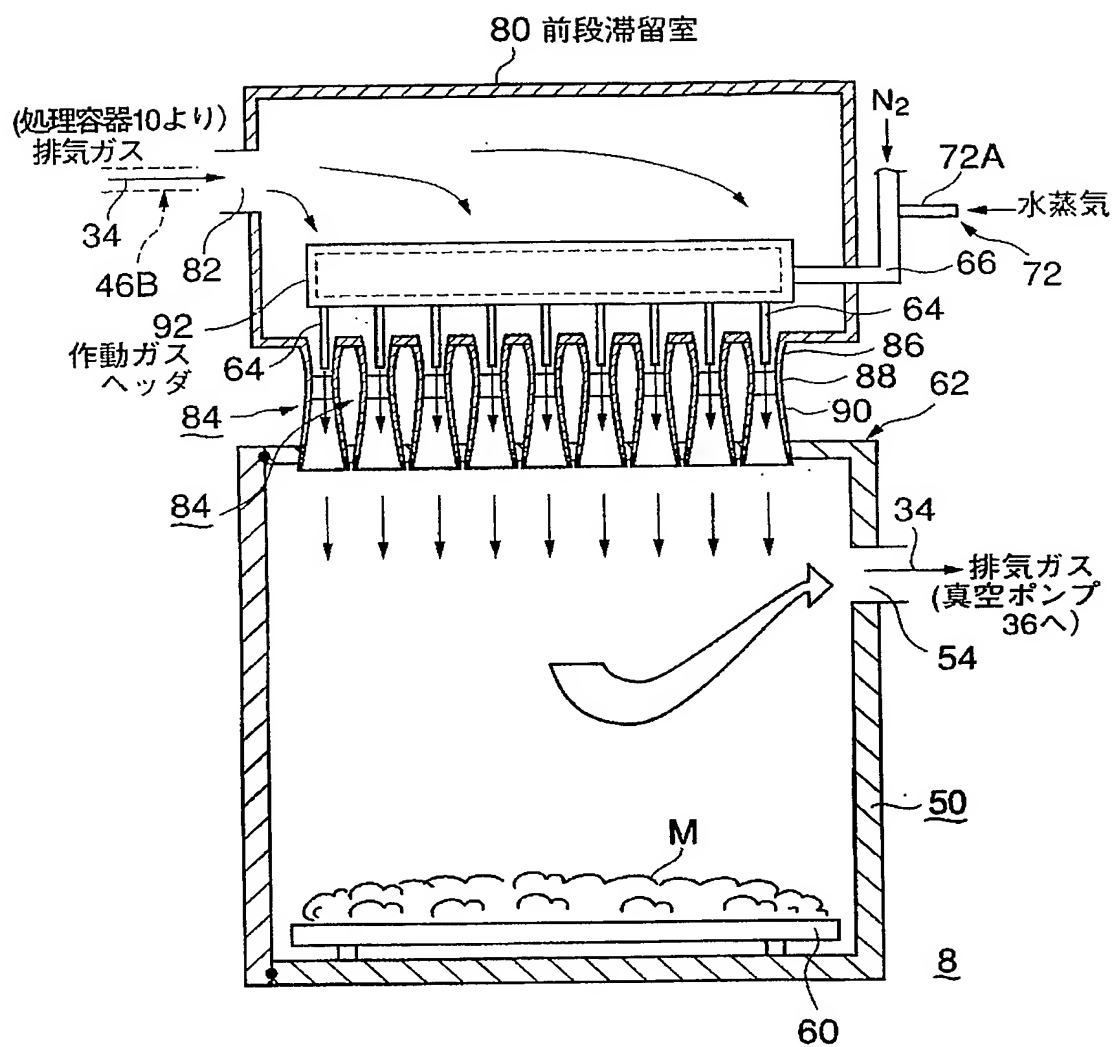
図 1 処理システム

【図 2】



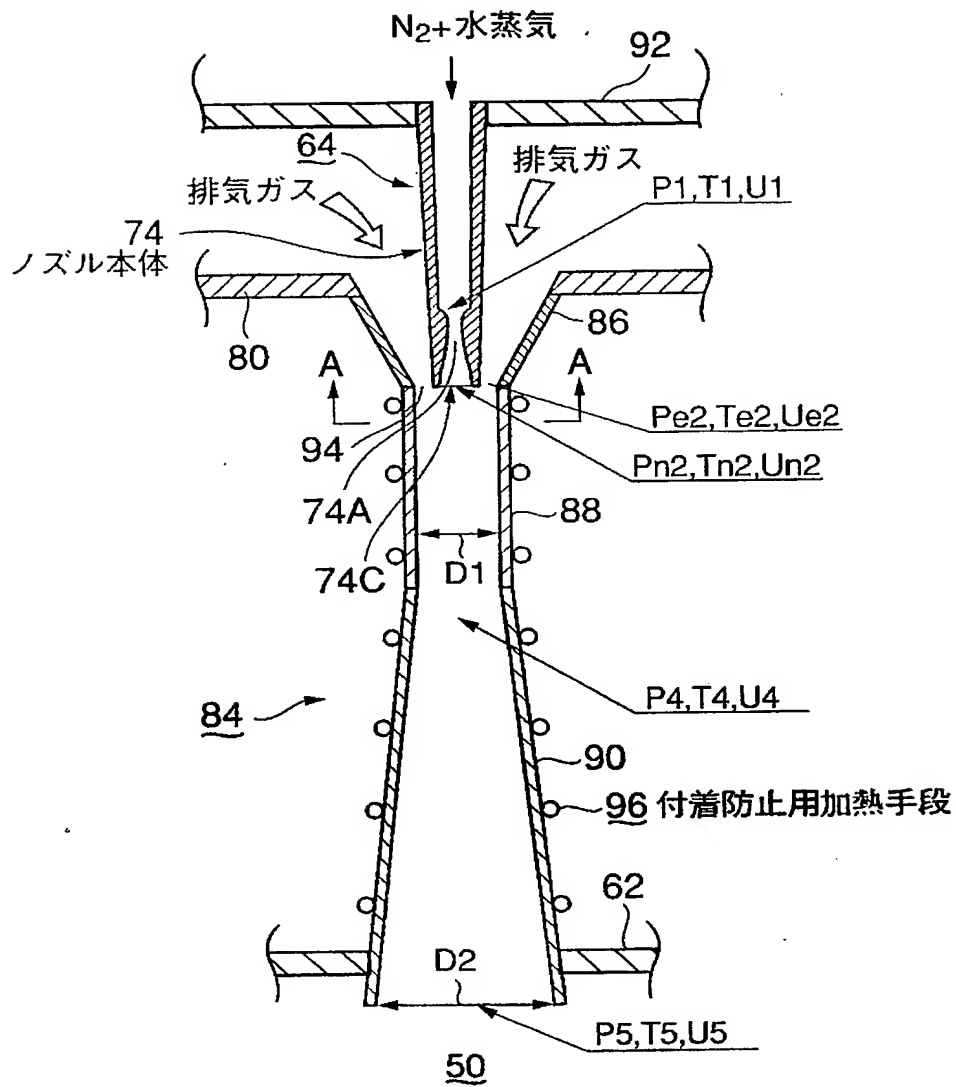
<第1実施例>

【図 3】

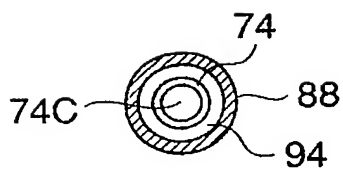


<第2实施例>

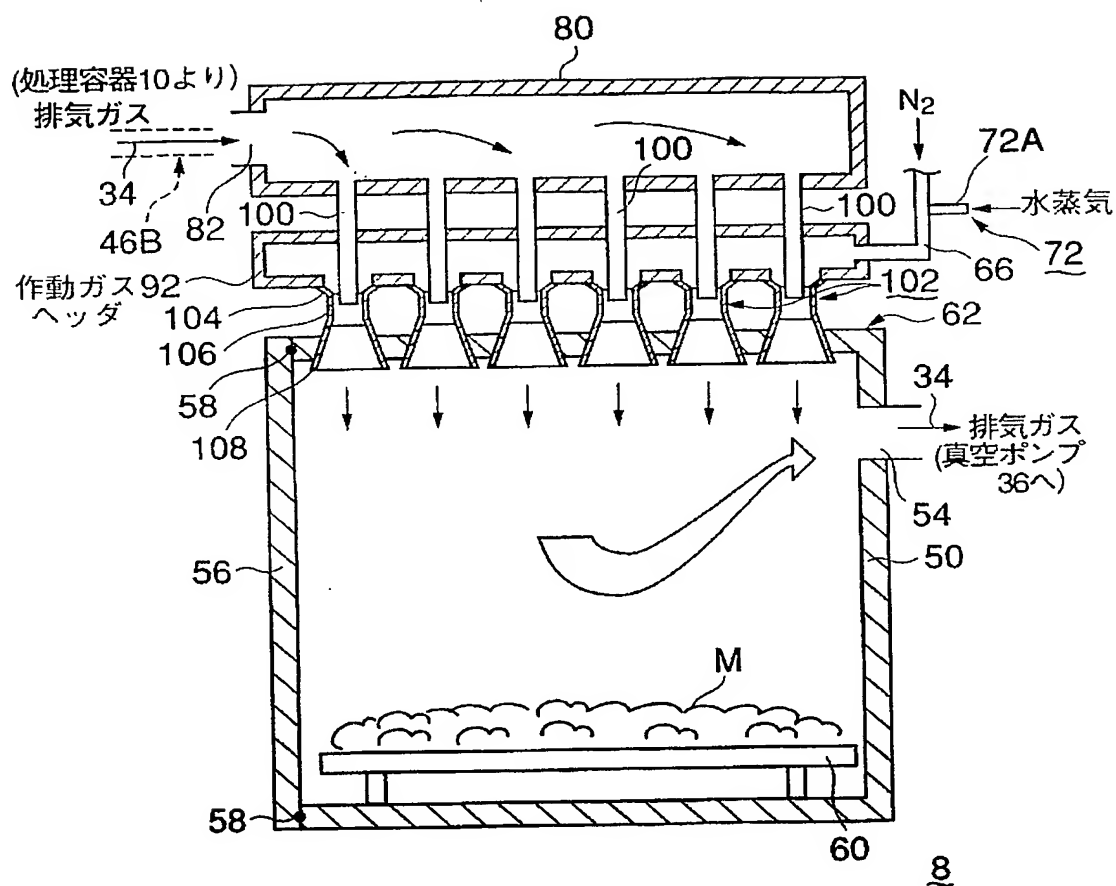
【図 4】



【図 5】

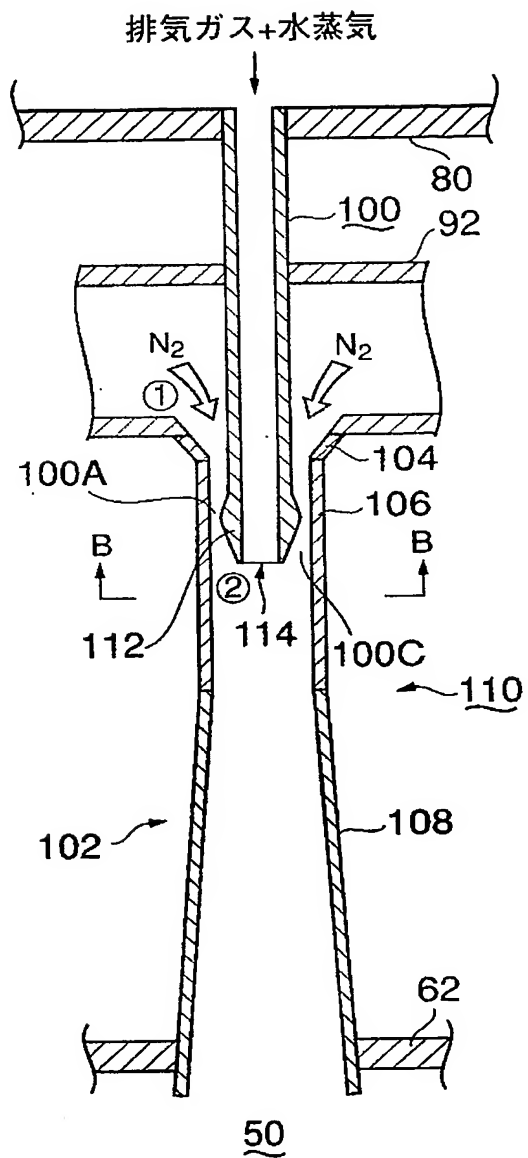


【図 6】

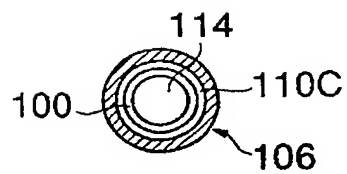


<第3実施例>

【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 排気ガス中からガス状の不純物を除去するために構造が簡単で、且つ捕集効率も常時高く維持することが可能なトラップ装置を提供する。

【解決手段】 被処理体Wに対して所定の処理を施す処理装置4内を真空排気するための真空ポンプ36を有する真空排気系6に介設されて、前記真空排気系内を流れる排気ガス中に含まれるガス状の不純物を除去するためのトラップ装置8において、前記真空排気系の排気通路34に介設された不純物捕集容器50と、断熱膨張により超音速状態となった作動流体を吹き込んで前記排気ガスと混合させると共に前記不純物捕集容器内で前記不純物の臨界点以下に前記排気ガスの温度を低下させるノズル手段64とを備える。

【選択図】 図2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 1 8 1 8 4 6
受付番号	5 0 3 0 1 0 6 1 1 6 5
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 5 年 6 月 2 6 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年 6月25日

次頁無

特願 2003-181846

出願人履歴情報

識別番号

[000219967]

1. 変更年月日

2003年 4月 2日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区赤坂五丁目3番6号

氏 名

東京エレクトロン株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.